

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
Please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

PUB-NO: FR002566306A1

DOCUMENT-IDENTIFIER: FR 2566306 A1

TITLE: Process for producing heat exchangers using laser
welding

PUBN-DATE: December 27, 1985

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
BRUN MICHEL	FR

APPL-NO: FR08410051

APPL-DATE: June 26, 1984

PRIORITY-DATA: FR08410051A (June 26, 1984)

INT-CL (IPC): F28D009/00

EUR-CL (EPC): F28D009/00 ; B23K026/22

US-CL-CURRENT: 219/121.85

ABSTRACT:

CHG DATE=19990617 STATUS=O> Process for producing a heat exchanger. According to the invention, a first corrugated metal plate 4 is welded to a first plane metal sheet 2, a second plane metal sheet 8 to the first corrugated metal sheet 4, then a second corrugated metal sheet 10 to the second plane metal sheet 8, and so on and so forth, until completing the exchanger, all the welds being produced as spot welds with the aid of a laser beam 14. Application to the production of cross-flow or parallel-flow heat exchangers. <IMAGE> duction of

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
—
PARIS
—

(11) N° de publication : **2 566 306**
(à utiliser que pour les
commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **84 10051**

(51) Int Cl* : B 23 P 15/26; B 23 K 26/02; F 28 F 3/08.

(12) **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

(22) Date de dépôt : 26 juin 1984.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 52 du 27 décembre 1985.

(60) Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

(71) Demandeur(s) : *BRUN Michel et GENIEYS Emile. — FR.*

(72) Inventeur(s) : Michel Brun et Emile Genieys.

(73) Titulaire(s) :

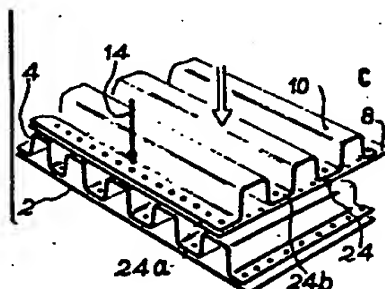
(74) Mandataire(s) : Société de protection des inventions.

(54) Procédé de réalisation d'échangeurs de chaleur par soudage laser.

(57) Procédé de réalisation d'un échangeur de chaleur.

Selon l'invention, on soude une première tôle ondulée 4 sur une première tôle plane 2, une deuxième tôle plane 8 sur la première tôle ondulée 4, puis une deuxième tôle ondulée 10 sur la deuxième tôle plane 8, et ainsi de suite jusqu'à achèvement de l'échangeur, toutes les soudures étant réalisées par points à l'aide d'un faisceau laser 14.

Application à la réalisation d'échangeurs de chaleur à flux croisés ou parallèles.



FR 2 566 306 - A1

Procédé de réalisation d'échangeurs de chaleur par
soudage laser

5 La présente invention a pour objet un procédé de réalisation d'échangeurs de chaleur applicable plus particulièrement aux échangeurs à flux croisés ou parallèles utilisés dans certains moteurs thermiques.

10 Afin d'améliorer le rendement des turbines à gaz, on utilise des échangeurs de chaleur servant à préchauffer les gaz ou les fluides arrivant dans le moteur à l'aide des gaz brûlés. La plupart sont des échangeurs à flux croisés ou parallèles, c'est-à-dire qu'ils comportent un empilement de couches dont chacune contient des conduits servant au passage de l'un des fluides, la direction des conduits d'une couche étant
15 différente ou identique à la direction des conduits des couches voisines. En général, les conduits de deux couches adjacentes sont perpendiculaires ou parallèles. Pour fabriquer de tels échangeurs, on réalise des empilements de tôles planes et de tôles ondulées soudées les unes aux autres, chaque tôle ondulée étant prise en
20 sandwich entre deux tôles planes et inversement. Ainsi, chaque tôle ondulée définit avec les deux tôles planes qui l'enserrent des conduits étanches pour le passage de l'un des deux fluides.

25 A l'heure actuelle, les échangeurs à flux croisés ou parallèles sont réalisés par brasage. Pour cela, on empile les tôles planes et les tôles ondulées en nombre suffisant pour réaliser la totalité de l'échangeur, en mettant de la brasure aux endroits où
30 les tôles doivent être soudées les unes aux autres. Ce procédé entraîne un certain nombre d'inconvénients :
- Tout d'abord, il comporte tous ceux inhérents à cette technique d'assemblage : la maîtrise de la juste quantité de brasure nécessaire à la liaison est toujours délicate ; si elle est trop importante, il peut
35

se produire des fissurations lors de la solidification, si elle est insuffisante, le brasage est incorrect et peut conduire à un simple collage.

5 D'autre part, les brasures utilisées forment toutes des phases fragiles donnant au joint une très faible ductilité.

- En outre, dans le cas qui nous préoccupe, où il s'agit d'effectuer un brasage sous vide d'une structure constituée d'un empilement régulier de plaques minces dont les cotes peuvent atteindre plusieurs dizaines de centimètres, voire même plusieurs mètres, il est difficile, sinon impossible, d'assurer une montée en température homogène en tous les points de la pièce permettant un brasage simultané. Ceci se traduit par des écarts de température de la périphérie vers le centre donc par des risques d'importantes déformations des pièces dues au gradient thermique et par des manques de brasage. Pour y pallier, on est généralement contraint d'une part, à ne braser qu'un nombre limité de plaques par fournée, et d'autre part, à utiliser des cycles thermiques de longue durée et comportant des paliers.

20 - Enfin, chaque module sortant du four de brasage étant en caisson fermé, le contrôle unitaire des jonctions est pratiquement impossible.

25 La présente invention a justement pour but d'éliminer ces inconvénients grâce à un procédé de fabrication d'échangeurs thermiques qui permet de réaliser des échangeurs de grandes dimensions sans risque de collage ou de déformation des tôles.

30 Selon la principale caractéristique du procédé objet de l'invention, utilisé pour réaliser des échangeurs de chaleur servant à l'échange thermique entre au moins deux fluides et ledit échangeur comprenant un empilement de tôles planes et de tôles ondulées
35 disposées de manière alternée et soudées entre elles de

manière à définir des conduits pour le passage desdits fluides, ce procédé comporte les étapes suivantes :

- on soude une première tôle ondulée sur une première tôle plane,
- 5 - on soude une deuxième tôle plane sur la première tôle ondulée, du côté opposé à la première tôle plane, et
- on soude une deuxième tôle ondulée sur la deuxième tôle plane du côté opposé à la première tôle ondulée,
- 10 toutes les soudures étant effectuées par points à l'aide d'un laser.

La liaison laser est une véritable soudure ; elle est donc de bien meilleure qualité, ne comporte pas de phases fragiles et offre une meilleure résistance statique et cyclique.

- 15 Le procédé, par rapport au brasage qui est un procédé par bloc et aveugle, réalise les jonctions de manière indépendante, les unes après les autres ; il autorise donc un contrôle unitaire ou tout au moins à n'importe quel moment du cycle, le plus favorable.

- 20 Le système peut être complètement automatisé : chargement, soudage, contrôle. Il est possible d'imaginer un contrôle en continu, simultanément à l'opération de soudage.

- 25 L'expression "disposées de manière alternée" utilisée dans la présente description signifie que l'empilement de tôles constituant l'échangeur comprend successivement une tôle plane, une tôle ondulée, une tôle plane, une tôle ondulée et ainsi de suite, chaque tôle ondulée étant encadrée par deux tôles planes et
- 30 chaque tôle plane se trouvant prise en sandwich entre deux tôles ondulées.

- Selon une autre caractéristique du procédé objet de l'invention, celui-ci comporte une étape supplémentaire consistant à souder une troisième tôle
- 35 plane sur la deuxième tôle ondulée, du côté opposé à la

deuxième tôle plane, puis une troisième tôle ondulée sur la troisième tôle plane, du côté opposé à la deuxième tôle ondulée, toutes les soudures étant effectuées par points à l'aide d'un laser ; cette étape supplémentaire est effectuée autant de fois qu'il est nécessaire jusqu'à la réalisation complète de l'échangeur.

Selon une dernière caractéristique du procédé objet de l'invention, on souffle de l'air comprimé sur les tôles à assembler pendant qu'on effectue le soudage à l'aide du laser. Ce soufflage d'air comprimé a pour effet de plaquer la tôle qu'on est en train de souder sur l'empilement de tôles déjà réalisé et de la refroidir à l'endroit où l'on effectue la soudure. Quant au laser utilisé, ce peut être soit un laser pulsé, soit un laser continu.

L'invention apparaîtra mieux à la lecture de la description qui va suivre, donnée à titre d'exemple purement illustratif et nullement limitatif, en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique en perspective partiellement éclatée illustrant la structure d'un échangeur de chaleur à flux croisés, et
- les figures 2a à 2c sont des vues schématiques en perspective illustrant les principales étapes du procédé objet de l'invention.

La figure 1 illustre la structure d'un échangeur de chaleur à flux croisés, où l'on voit qu'un tel échangeur se compose d'un empilement de couches dont chacune est constituée par une tôle plane soudée à une tôle ondulée, de manière à définir des conduits pour le passage d'un fluide. C'est ainsi qu'une première tôle plane 2 est soudée à une première tôle ondulée 4 de manière étanche, les ondulations de la tôle 4 définissant avec la tôle 2 des conduits 6 pour le passage d'un

premier fluide dont la direction est représentée schématiquement par les flèches en traits interrompus. Sur la tôle 4, du côté opposé à la tôle 2, est soudée une deuxième tôle plane 8, ce qui permet de définir d'autres canaux tels que 6a servant également pour le passage du premier fluide. Sur la tôle 8, du côté opposé à la tôle 4, est soudée une deuxième tôle ondulée 10, ce qui définit des canaux 12 pour le passage d'un deuxième fluide dont la direction est symbolisée par les flèches en trait plein. Sur la tôle 10 peut être encore soudée une troisième tôle plane, puis une troisième tôle ondulée et ainsi de suite avec autant de couches qu'il est nécessaire pour réaliser l'échangeur complet. On voit encore sur la figure qu'il s'agit d'un échangeur à flux croisés, c'est-à-dire que la direction des conduits d'une couche est différente de la direction des conduits des couches voisines. En général, et comme cela est représenté sur la figure 1, les canaux d'une couche sont perpendiculaires aux canaux de la couche suivante. Selon l'art antérieur, le soudage des différentes tôles les unes aux autres est réalisé par brasage une fois que toutes les tôles sont empilées, ce qui présente les inconvénients mentionnés ci-dessus.

Ces inconvénients disparaissent avec le procédé objet de l'invention, qui est illustré aux figures 2a à 2c. La figure 2a illustre la première étape de ce procédé qui consiste à souder la première tôle ondulée 4 sur la première tôle plane 2. Cette soudure est effectuée à l'aide d'un faisceau laser représenté schématiquement sur la figure 2a par la flèche 14. Cette soudure est effectuée par points, le long des bandes de contact entre les tôles 2 et 4. En effet, à cause des ondulations, la tôle 4 n'est en contact avec la tôle 2 que le long de certaines bandes métalliques qui portent la référence 16 sur la figure. On commence, par exem-

ple, par souder la première bande 16a qui se trouve à une extrémité de la tôle 4, la soudure étant effectuée par points avec ou sans recouvrement ; les points de soudure sont représentés en 18 sur la figure 2a. Une fois qu'on a réalisé le soudage le long de la première bande 16a, on déplace le laser puis on réalise la même opération le long de la deuxième bande 16b et ainsi de suite, jusqu'à ce que la tôle 4 soit complètement soudée sur la tôle 2. Au cours de cette opération, on souffle de l'air comprimé à l'aide d'une buse 20, ce qui a pour effet non seulement d'appliquer la tôle 4 sur la tôle 2 afin d'obtenir un meilleur contact, mais encore de refroidir le métal à l'endroit où l'on effectue la soudure.

La deuxième étape, illustrée à la figure 2b, consiste à souder la deuxième tôle plane 8 sur la première tôle ondulée 4, du côté opposé à la première tôle plane 2. Du fait des ondulations, le contact entre la tôle plane 8 et la tôle ondulée 4 se fait le long de bandes métalliques 22 différentes des bandes 16 mentionnées en référence à la figure 2a. Comme précédemment, la soudure est effectuée par points à l'aide du faisceau laser 14 en commençant, par exemple, par la bande 22a située à l'extrémité la plus voisine de la bande 16a, puis la bande 22b et ainsi de suite jusqu'à ce que la tôle 8 soit entièrement soudée sur la tôle 4. Au cours de cette opération on continue à souffler de l'air comprimé comme précédemment.

Une fois que la tôle 8 est soudée sur la tôle 4, l'étape suivante, illustrée à la figure 2c, consiste à souder la deuxième tôle ondulée 10 sur la tôle 8, du côté opposé à la tôle 4. Dans le cas d'un échangeur de chaleur à flux croisés, on dispose la tôle 10 de telle façon que ses ondulations soient perpendiculaires, par exemple, à celles de la tôle 4 afin que les conduits

servant à véhiculer le deuxième fluide soient perpendiculaires aux conduits servant à véhiculer le premier fluide. Du fait des ondulations, le contact entre la tôle 10 et la tôle plane 8 se fait le long de bandes 24.

5 Le soudage se fait comme précédemment, par points en soudant les bandes les unes après les autres, par exemple en commençant par la bande 24a située à une extrémité, puis la bande suivante 24b et ainsi de suite jusqu'à soudure complète de la tôle 10 sur la tôle 8. Une

10 fois que la tôle 10 est soudée sur la tôle 8, on peut continuer en soudant une troisième tôle plane sur la tôle 8, puis une troisième tôle ondulée sur cette troisième tôle plane et ainsi de suite jusqu'à achèvement de l'échangeur.

15 L'utilisation d'un laser permet de réaliser l'échangeur couche par couche, et donc sans déformation, puisqu'on réalise la soudure par points, donc avec un dégagement de chaleur limité. Ce dégagement de

20 chaleur est encore atténué par le fait qu'on souffle de l'air comprimé sur les tôles à assembler pendant le soudage et par le fait qu'on utilise de préférence un laser pulsé. Il n'est plus nécessaire d'empiler la totalité des tôles constituant l'échangeur dans un four et de chauffer jusqu'à ce que la température soit homogène partout et tous les inconvénients dus à la soudure

25 par brasage disparaissent. D'autre part, on obtient des soudures d'excellente qualité et il n'y a plus de risque de collage. On conçoit que cette méthode permet de réaliser des échangeurs de n'importe quelles dimensions, puisqu'on les réalise couche par couche et que

30 les risques de déformation sont pratiquement éliminés. Une fois qu'on a réalisé l'empilement de tôles planes et de tôles ondulées, il faut achever l'échangeur en plaçant un entourage final. Les tôles constituant cet

35 entourage peuvent être soudées aux autres tôles soit

encore à l'aide d'un laser, soit par brasure ; comme il s'agit de souder une seule tôle sur une ou plusieurs autres et non plus de braser un empilement de tôles, les inconvénients mentionnés plus haut disparaissent.

5 Enfin, il est bien entendu que l'invention ne se limite pas au seul exemple de réalisation qui vient d'être décrit, mais qu'on peut envisager des variantes sans sortir pour autant du cadre de l'invention. Par
10 exemple, la soudure par points peut se faire avec ou sans recouvrement. Quant à l'ordre dans lequel on soude les bandes de contact entre deux tôles adjacentes, il peut être quelconque. On peut également prévoir un guidage du laser et programmer les mouvements de celui-ci en fonction de la forme et des dimensions de la pièce à
15 réaliser. On peut aussi, le laser étant fixe, déplacer les tôles ou déplacer simultanément les tôles et le laser. Enfin, si on a décrit une application particulière de l'invention au cas d'échangeurs de chaleur à flux croisés, celle-ci peut s'appliquer à toute sorte
20 d'échangeurs constitués par un empilement de tôles notamment un échangeur à flux parallèles. Le procédé de l'invention s'applique particulièrement bien à la réalisation d'échangeurs en alliages métalliques riches en nickel comme l'Inconel qui sont utilisés à des températures de l'ordre de 600°C. Ce procédé est valable pour
25 tout métal se soudant par laser.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de réalisation d'un échangeur de chaleur servant à l'échange thermique entre au moins deux fluides, ledit échangeur comprenant un empilement
5 de tôles planes (2, 8) et de tôles ondulées (4, 10) disposées de manière alternée et soudées entre elles de manière à définir des conduits (6, 12) pour le passage desdits fluides, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

- 10 - on soude une première tôle ondulée (4) sur une première tôle plane (2),
- on soude une deuxième tôle plane (8) sur la première tôle ondulée (4), du côté opposé à la première tôle plane (2), et
15 - on soude une deuxième tôle ondulée (10) sur la deuxième tôle plane (8), du côté opposé à la première tôle ondulée (4),
toutes les soudures étant effectuées par points à l'aide d'un laser.

20 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte une étape supplémentaire consistant à souder une troisième tôle plane sur la deuxième tôle ondulée, du côté opposé à la deuxième tôle plane, (8), puis une troisième tôle ondulée sur la
25 troisième tôle plane, du côté opposé à la deuxième tôle ondulée (10), ces soudures étant effectuées par points à l'aide d'un laser et cette étape supplémentaire étant effectuée autant de fois qu'il est nécessaire pour réaliser complètement l'échangeur.

30 3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'on souffle de l'air comprimé sur les tôles à assembler au cours de l'opération de soudage.

35 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'on utilise un laser pulsé pour effectuer les soudures.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'on utilise un laser continu pour effectuer les soudures.

5 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'on dispose les tôles ondulées (4, 10) de manière à réaliser un échangeur à flux croisés, les conduits (6) définis par une tôle ondulée (4) ayant une direction différente des conduits (12) définis par une tôle ondulée voisine (10).

10 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'on dispose les tôles ondulées (4, 10) de manière à réaliser un échangeur à flux parallèles, les conduits (6) définis par une tôle ondulée (4) ayant une direction parallèle à celle des conduits (12) définis par une tôle ondulée voisine (10).

15

1 / 2

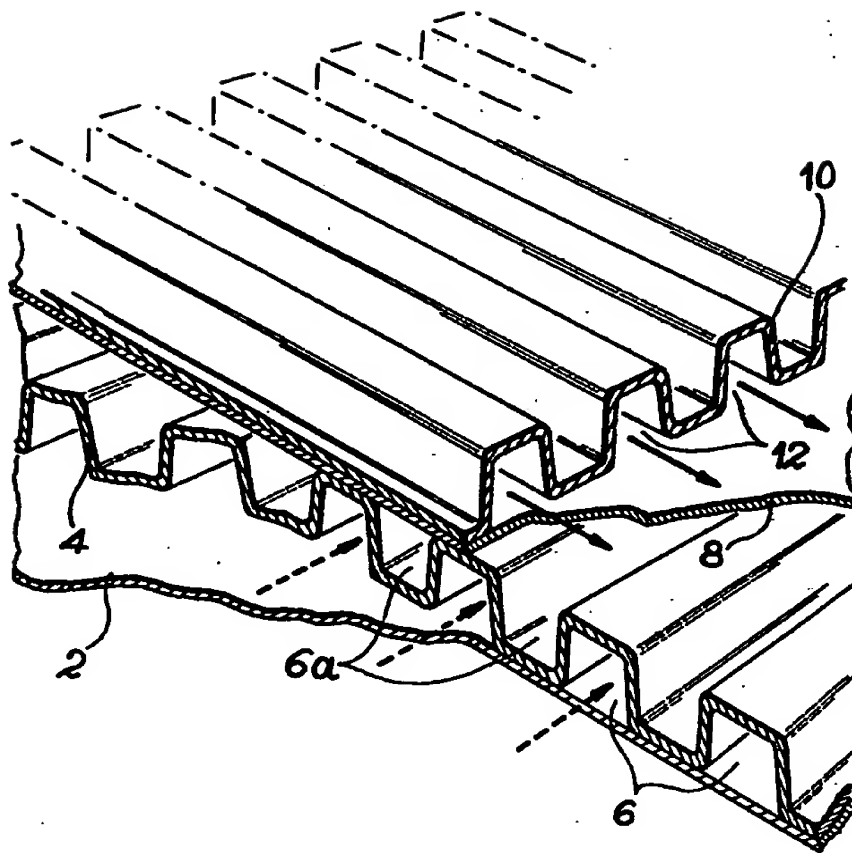


FIG. 1

FIG. 2

